

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-229638

(43)Date of publication of application : 15.08.2003

(51)Int.Cl.

H01S 5/042

H01L 33/00

H01S 5/22

H01S 5/323

(21)Application number : 2002-027981

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD
SONY CORP

(22)Date of filing : 05.02.2002

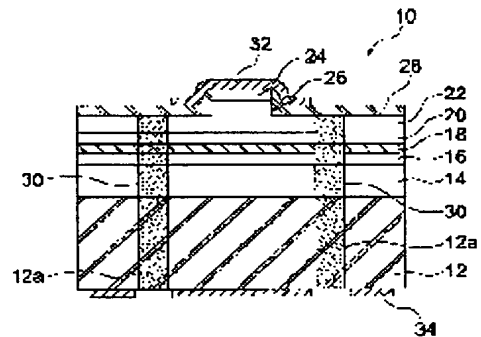
(72)Inventor : YAMAGUCHI KYOJI
MOTOKI KENSAKU

(54) NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nitride compound semiconductor light emitting element of a constitution in which occurrence of a leakage current is suppressed by utilizing the quality of a semiconductor substrate periodically having a high density fault region in a low density fault region.

SOLUTION: This nitride compound semiconductor light emitting element 10 comprises a laminated structure in which an n-type AlGaIn clad layer 14, an n-type GaN first optical guide layer 16, an InGaIn active layer 18, a p-type InGaIn second optical guide layer 20, a p-type AlGaIn clad layer 22, and a p-type GaN contact layer 24 are sequentially laminated on an n-type GaN substrate 12. An upper layer and a p-type contact layer of the p-type clad layer are formed as a ridge stripe 26 extended in a ridge stripe-like state in one direction, and both sides of the stripe 26 are covered with an insulating film 28. The stripe is formed between high density fault regions 30. A p-type side electrode 32 is extended along the ridge stripe between the high density fault regions. An n-type side electrode 34 is formed as an electrode layer obtained by cutting out a part so that the high density fault region 12a is not brought into contact with the electrode layer provided on substantially overall surface on the rear surface of the GaN substrate.



- 10 実施形態1の窒化化合物半導体発光素子
- 12 基板のn型GaN基板
- 12a 低密度欠陥領域
- 14 n型AlGaInクラッド層
- 16 n型GaN第1光ガイド層
- 18 InGaIn活性層
- 20 p型nGaN第2光ガイド層
- 22 p型AlGaInクラッド層
- 24 p型GaNコンタクト層
- 26 リッジストライプ部
- 28 絶縁膜
- 30 高密度欠陥領域
- 32 p側電極
- 34 n側電極

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.02.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-229638

(P2003-229638A)

(43)公開日 平成15年8月15日(2003.8.15)

(51)Int.Cl.⁷ 識別記号

H 0 1 S 5/042

6 1 2

H 0 1 L 33/00

H 0 1 S 5/22

5/323

6 1 0

F I

H 0 1 S 5/042

6 1 2

テ-マコ-ト*(参考)

5 F 0 4 1

H 0 1 L 33/00

C

5 F 0 7 3

E

H 0 1 S 5/22

5/323

6 1 0

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2002-27981(P2002-27981)

(22)出願日 平成14年2月5日(2002.2.5)

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 山口 恭司

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74)代理人 100095821

弁理士 大澤 斌 (外1名)

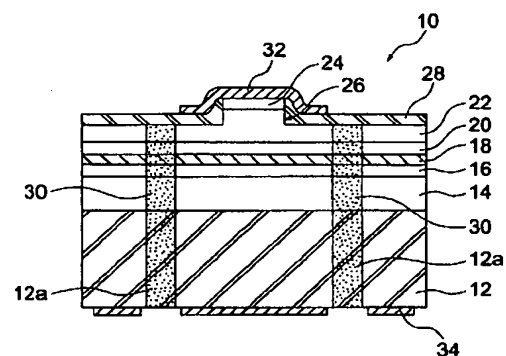
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 窒化物系化合物半導体発光素子

(57)【要約】

【課題】 低密度欠陥領域内に高密度欠陥領域を周期的に有するという半導体基板の特質を利用して、リーク電流の発生を抑制した構成の窒化物系化合物半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 本窒化物系半導体レーザ素子10は、n型Ga_{0.9}N基板12上に、n型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層14、n型Ga_{0.9}N第1光ガイド層16、InGa_{0.5}N活性層18、p型InGa_{0.5}N第2光ガイド層20、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層22、及びp型Ga_{0.9}Nコンタクト層24を、順次、積層した積層構造を備えている。p型クラッド層の上層部及びp型コンタクト層は、一方向にリッジストライプ状に延びるリッジストライプ部26として形成され、リッジストライプ部26の両脇は絶縁膜28で被覆されている。リッジストライプ部は、高密度欠陥領域30間に形成されている。p側電極32は、高密度欠陥領域間をリッジストライプ部に沿って延在している。n側電極34は、Ga_{0.9}N基板の裏面上にほぼ全面に設けられた電極層から高密度欠陥領域12aと接触しないように一部を切り欠いてなる電極層として形成されている。



10 実施形態例1の窒化物系半導体レーザ素子

12 基板のn型Ga_{0.9}N基板

12a 高密度欠陥領域

14 n型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層

16 n型Ga_{0.9}N第1光ガイド層

18 InGa_{0.5}N活性層

20 p型InGa_{0.5}N第2光ガイド層

22 p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層

24 p型Ga_{0.9}Nコンタクト層

26 リッジストライプ部

28 絶縁膜

30 高密度欠陥領域

32 p側電極

34 n側電極

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 周囲の低密度欠陥領域より結晶欠陥密度が高い高密度欠陥領域が周期的な基板面上配列で基板を貫通している半導体結晶基板に、窒化物系化合物半導体の積層構造を備える窒化物系化合物半導体発光素子であって、

積層構造を挟む 1 対の電極の一方の電極は基板裏面の低密度欠陥領域上に設けられ、他方の電極は基板の低密度欠陥領域上方の積層構造上に設けられ、かつ活性領域が 1 対の電極で挟まれた積層構造内に形成されていることを特徴とする窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 2】 一方の電極は、基板裏面上にほぼ全面に設けられた電極層から高密度欠陥領域と接触しないように一部を切り欠いてなる電極層として形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 3】 周囲の低密度欠陥領域より結晶欠陥密度が高い高密度欠陥領域が周期的な基板面上配列で基板を貫通している半導体結晶基板に、窒化物系化合物半導体の積層構造を備える窒化物系化合物半導体発光素子であって、
基板の高密度欠陥領域間の低密度欠陥領域上の積層構造は、上部がリッジストライプとして形成され、かつリッジストライプの両脇が絶縁膜で被覆され、
積層構造を挟む 1 対の電極の一方の電極が基板の高密度欠陥領域間の低密度欠陥領域上に設けられ、他方の電極がリッジストライプ上に延在し、更にリッジストライプ脇の絶縁膜を介して高密度欠陥領域上方の積層構造上に延在していることを特徴とする窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 4】 高密度欠陥領域が、半導体結晶基板の基板面上で周期的に点在していることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 5】 高密度欠陥領域が、半導体結晶基板の基板面上で正方形格子状、長方形格子状、及び六方格子状のいずれかの配置で点在していることを特徴とする請求項 4 に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 6】 高密度欠陥領域が、半導体結晶基板の基板面上で相互に離隔して平行に、かつ周期的に配置された線状の高密度欠陥領域であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 7】 線状の高密度欠陥領域は、点状の高密度欠陥領域が相互に接して、又は断続して線状に配置されてなる高密度欠陥領域、又は高密度欠陥領域が連続して線状に延在してなる高密度欠陥領域であることを特徴とする請求項 6 に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、窒化物系化合物半導体発光素子に関し、更に詳細には、リーク電流の発生を抑制した構成の窒化物系化合物半導体発光素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 GaN、AlGaInN、GaInN、AlGaInN、AlBGaInNなどのナイトライド化合物半導体（以下、窒化物系化合物半導体と言う）は、AlGaInAs系やAlGaInP系などのIII-V族化合物半導体に比べて、一般に、バンドギャップエネルギーE_gが大きく、かつ直接遷移型半導体であるという特徴を有している。この特徴により、これらの窒化物系化合物半導体は、紫外線から赤色に至る広い波長範囲において発光する半導体レーザ素子や、発光ダイオード

（LED；Light Emitting Diode）などの半導体発光素子を作製する材料として注目されている。そして、これらの半導体発光素子は、高密度光ディスクの記録／再生光ピックアップ用の光源、フルカラー・ディスプレイの発光素子、その他、環境・医療などの分野の発光デバイスとして、広く応用されつつある。

【0003】 また、これらの窒化物系化合物半導体には、例えば高電界域でGaNの飽和速度が大きいこと、或いはMIS（Metal-Insulator-Semiconductor）構造の作製に際し、半導体層として窒化物系化合物半導体を、絶縁層として窒化アルミニウム（AlN）を用い、半導体層及び絶縁層を連続して結晶成長させることが出来るというような特徴がある。この特徴により、窒化物系化合物半導体素子は、飽和ドリフト速度や静電破壊電圧が大きく、高速動作性、高速スイッチング性、大電流動作性などに優れた電子素子として注目されている。

【0004】 更に、窒化物系化合物半導体は、（1）熱伝導性がGaAs系などより高いので、GaAs系に比べて高温下の高出力素子の材料として有利である、

（2）化学的に安定した材料であり、また硬度も高いので、信頼性の高い素子材料であると評価できる。

【0005】 一般に、半導体膜を基板上に成長させる時には、成長膜と同類あるいは格子定数の近いバルク基板を基板として用いる。従って、窒化物系半導体素子の場合には、例えば同じ窒化物系半導体からなるGaN基板等が望ましいが、GaN基板の作製は超高压、超高温のもとで小さなサイズの基板ができていないに過ぎず、実用的に大きなサイズの基板を作製することは極めて困難である。窒化物系半導体素子の基板としてSiC基板、ZnO基板、MgAl₂O₄基板も使用されてきたが、一般的には、窒化物系半導体素子はサファイア基板上に作製されることが最も多い。

【0006】 サファイア基板は、高品質かつ安価で2インチ以上のサイズのものが供給されているが、窒化物系半導体の典型であるGaNとは、格子不整合と熱膨張係数差が大きいという問題を有する。また、サファイア基

板は、劈開性がなく、電気伝導性が小さく電氣的に絶縁である。例えば、サファイアとGaNとの格子不整合は約13%であって大きいので、サファイア基板とGaN層の間に緩衝層を設けて不整合を緩和し、良好な単結晶のGaN層をエピタキシャル成長させるようにしているものの、その欠陥密度は、例えば $10^8 \sim 10^9 \text{ cm}^{-2}$ 程度にも達していて、半導体素子の動作信頼性にとって悪影響を与えている。

【0007】更に、(1) サファイア基板とGaN層との熱膨張係数の差が大きいので、結晶成長膜が厚いと、室温でも基板反りが大きくなって、クラックの発生が心配される等の素子形成プロセス上で制約が多く、また、(2) サファイア基板には劈開性が無く、鏡面性の高いレーザ端面を安定して形成することが難しい、更には、(3) サファイアが絶縁性のために、GaAs系半導体レーザ素子のように基板裏面に一方の電極を設けることが難しく、p側電極及びn側電極の双方を基板上の窒化物系化合物半導体の積層構造側に設けることが必要となり、素子面積が広くなり、工程が複雑になる。

【0008】そこで、窒化物系化合物半導体、特にGaN系化合物半導体と格子整合するGaN単結晶基板を工業的に容易な方法で作製する研究が盛んに行われている。その一つとして、例えば、特開2001-102307号公報は、気相成長の成長表面が平面状態でなく、三次元的なファセット構造を持つようにし、ファセット構造を持ったまま、ファセット構造を埋め込まないで成長させることにより転位を低減するようにした単結晶窒化ガリウムの結晶成長方法を開示している。本方法によれば、窓付きマスクを介してGaAs基板上にGaN単結晶層を成長させ、成長させたGaN単結晶層をスライ

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前掲公報に記載されているような方法によって作製したGaN基板上に窒化物系化合物半導体層の積層構造を有する発光素子を形成した場合、電極の配置場所いかんによっては、リーク電流が大きいという問題があった。リーク電流は、発光に寄与しない無効電流となるため、電氣的、光学的特性等の素子特性が悪化し、素子性能のばらつきの原因となる。また、素子性能のばらつきは、製品歩留まりの悪化を招くことになる。

【0010】そこで、半導体基板の特質を利用して、リーク電流の発生を抑制する研究が進められていて、本発明の目的は、そのような構成の窒化物系化合物半導体発光素子を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上述の課題を解決する研究の過程で、低密度欠陥領域中に高密度欠陥領域が規則的、例えば周期的に配列されている、新規

な構成の半導体基板として開発されたGaN単結晶基板に注目した。このGaN単結晶基板は、特開2001-102307号公報に開示された技術を改良し、低密度欠陥領域中に発生する高密度欠陥領域の位置を制御することにより、開発されたものである。

【0012】開発された半導体基板の高密度欠陥領域の配列パターンは、自在であって、例えば、図4に示すような六方格子状の配列、図6(a)に示すような正方形格子状の配列、図6(b)に示すように長方形格子状の配列等がある。図4(a)及び(b)は、それぞれ、高密度欠陥領域を説明するGaN基板の平面図及び断面図である。また、高密度欠陥領域の配列パターンは、上述のような分散型パターンだけではなく、例えば図7

(a)に示すように、点状の高密度欠陥領域が断続して線状に配置されたもの、更には図7(b)に示すように、高密度欠陥領域が線状に連続しているものも作製可能である。

【0013】ここで、GaN単結晶基板の作製方法を説明する。GaN単結晶の基本的な結晶成長メカニズムは、ファセット面からなる斜面を有して成長し、そのファセット面斜面を維持して、成長することで、転位を伝播させ、所定の位置に転位を集合させる。このファセット面により成長した領域は、転位の移動により、低欠陥領域となる。一方、そのファセット面斜面下部には、明確な境界を持った高密度の欠陥領域を有して成長が行われ、転位は、高密度の欠陥領域の境界あるいはその内部に集合し、ここで消滅あるいは蓄積する。

【0014】この高密度の欠陥領域の形状によって、ファセット面の形状も異なる。欠陥領域が、ドット状の場合は、そのドットを底として、ファセット面が取り巻き、ファセット面からなるピットを形成する。また、欠陥領域が、ストライプ状の場合は、ストライプを谷底として、その両側にファセット面傾斜面を有し、横に倒した三角形のプリズム状のファセット面となる。

【0015】この高密度の欠陥領域は、いくつかの状態があり得る。例えば、多結晶からなる場合がある。また、単結晶であるが、周りの低欠陥領域に対して、微傾斜している場合もある。また、周りの低欠陥領域に対して、C軸が反転している場合もある。こうして、この高密度の欠陥領域は、明確な、境界を有しており、周りとは区別される。この高欠陥密度領域を有して成長することにより、その周りの、ファセット面を埋め込むことなく、ファセット面を維持して成長を進行することができる。その後、GaN成長層の表面を研削、研磨を施すことにより、表面を平坦化し、基板として、使用できる形態とすることができる。

【0016】この高密度の欠陥領域を形成する方法は、下地基板上に、GaNを結晶成長する際に、高密度欠陥領域を形成する場所に、種を予め形成しておくことにより、発生させることができる。その種としては、種とな

る微小領域に非晶質、あるいは多結晶の層を形成する。その上から、Ga₂Nを成長することで、丁度その種の領域に、高密度の欠陥領域を形成することが出来る。

【0017】Ga₂N単結晶基板の具体的な製造方法としては、次の通りである。まず、Ga₂N層を成長させる下地基板を用いる。下地基板は、必ずしも特定せず、一般的なサファイア基板でも良いが、後工程で下地基板を除去することを考慮すると、GaAs基板等が好ましい。下地基板の上に、例えば、SiO₂層からなる種を規則的に、例えば周期的に形成する。種の形状は、高密度欠陥領域の配列、形状に従って、ドット状、あるいはストライプ状である。その後、Hydride Vapor Phase Epitaxy(HVPE)にて、Ga₂Nを厚膜成長する。成長後、表面には、種のパターン形状に応じた、ファセット面が形成される。例えば、種がドット状のパターンの場合は、ファセット面からなるピットが規則正しく形成され、種がストライプ状の場合は、プリズム状のファセット面が形成される。

【0018】Ga₂N層を成長させた後、下地基板を除去し、さらに、Ga₂Nの厚膜層を、研削加工、研磨加工して表面を平坦化する。それによって、Ga₂N基板を製造することができる。Ga₂N基板の厚さは、自由に設定出来る。この様にして作製された、Ga₂N基板は、C面が主面であり、その中に、所定のサイズのドット状あるいはストライプ状の高欠陥密度領域が規則正しく、形成された基板となっている。高欠陥密度領域以外の単結晶領域は、高欠陥密度領域に比べ、転位密度が著しく低い低転位密度領域となっている。

【0019】本発明者は、研究を進めていく過程で、高密度欠陥領域に電極を配置すると、リーク電流が結晶欠陥を介して流れることを見出した。それは、図5に示すように、上述のGa₂N基板76上に形成された積層構造80では、Ga₂N基板76の高密度欠陥領域78の結晶欠陥が上方の積層構造80にも伝搬してその部分が高密度欠陥領域82となる。つまり、高密度欠陥領域78上に成長した積層構造部分はどうしても高密度欠陥領域となる。そして、リーク電流は、電極から積層構造の高密度欠陥領域を通して流れることになる。そして、高密度欠陥領域を通るリーク電流が生じないように、低密度欠陥領域に電極を配置することを着想し、種々の実験の末に、本発明を発明するに至った。以上の説明では、主として、半導体レーザ素子を例にして説明したが、これは、窒化物系化合物半導体発光素子全般に該当することである。

【0020】上記目的を達成するために、本発明に係る窒化物系化合物半導体発光素子（以下、第1の発明と言う）は、周囲の低密度欠陥領域より結晶欠陥密度が高い高密度欠陥領域が周期的な基板面上配列で基板を貫通している半導体結晶基板に、窒化物系化合物半導体の積層構造を備える窒化物系化合物半導体発光素子であつ

て、積層構造を挟む1対の電極の一方の電極は基板裏面の低密度欠陥領域上に設けられ、他方の電極は基板の低密度欠陥領域上方の積層構造上に設けられ、かつ活性領域が1対の電極で挟まれた積層構造内に形成されていることを特徴としている。

【0021】本発明に係る別の窒化物系化合物半導体発光素子（以下、第2の発明と言う）は、周囲の低密度欠陥領域より結晶欠陥密度が高い高密度欠陥領域が周期的な基板面上配列で基板を貫通している半導体結晶基板に、窒化物系化合物半導体の積層構造を備える窒化物系化合物半導体発光素子であつて、基板の高密度欠陥領域間の低密度欠陥領域上の積層構造は、上部がリッジストライプとして形成され、かつリッジストライプの両脇が絶縁膜で被覆され、積層構造を挟む1対の電極の一方の電極が基板の高密度欠陥領域間の低密度欠陥領域上に設けられ、他方の電極がリッジストライプ上に延在し、更にリッジストライプ脇の絶縁膜を介して高密度欠陥領域上方の積層構造上に延在していることを特徴としている。

【0022】高密度欠陥領域は、基板を貫通する柱状又は柱が横方向に連続して繋がっている板状の領域であり、高密度欠陥領域の断面形状は任意である。本発明で、窒化物系化合物半導体発光素子を構成する窒化物系化合物半導体層の積層構造の活性領域は、高密度欠陥領域と高密度欠陥領域との間の低密度欠陥領域上に設けてある。

【0023】本発明の窒化物系化合物半導体発光素子は、窒化物系半導体レーザ素子、窒化物系半導体発光ダイオード等を含む概念である。また、半導体結晶基板とは、結晶欠陥密度が周囲より高い領域として、周期的な基板面上配列で基板を貫通している高密度欠陥領域を有する限り、その組成に制約はない。窒化物系化合物半導体とは、Al_aB_bGa_cIn_dN_e（a+b+c+d+e=1、0≤a、b、c、d≤1）を言う。

【0024】電極の平面形状には制約はなく、例えば、基板裏面上にほぼ全面に設けられた電極層から高密度欠陥領域と接触しないように一部を切り欠いてなる電極層として一方の電極を形成しても良い。第1の発明では、p側電極及びn側電極が、低密度欠陥領域上に形成されているので、高密度欠陥領域を介して流れるリーク電流を大幅に低減させることができる。また、第2の発明では、p側電極は高密度欠陥領域上にも延在しているものの、絶縁膜によって高密度欠陥領域から絶縁されているので、p側電極は低密度欠陥領域上にのみ形成されている第1の発明と同様に作用する。

【0025】本発明では、高密度欠陥領域の配列パターンは自在であつて、具体的には、高密度欠陥領域が、半導体結晶基板の基板面上で周期的に、例えば正方形格子状、長方形格子状、及び六方格子状のいずれかの配置で点在していても良い。また、高密度欠陥領域が、半導体

10

20

30

40

50

結晶基板の基板面上で相互に離隔して平行に、かつ周期的に配置された線状の高密度欠陥領域であって、点状の高密度欠陥領域が相互に接して、又は断続して線状に配置されてなる高密度欠陥領域、又は高密度欠陥領域が連続して線状に延在してなる高密度欠陥領域であっても良い。

【0026】

【発明の実施の形態】以下に、添付図面を参照し、実施形態例を挙げて本発明の実施の形態を具体的かつ詳細に説明する。尚、以下の実施形態例で示す積層構造の構成、化合物半導体層の組成等は、本発明の理解を容易にするための一つの例示であって、本発明はこの例示に限定されるものではない。

実施形態例 1

本実施形態例は、第 1 の発明に係る窒化物系化合物半導体発光素子を窒化物系半導体レーザ素子に適用した実施形態の一例であって、図 1 は窒化物系半導体レーザ素子の断面図である。図 2 (a) 及び (b) は、それぞれ、積層構造上の p 側電極の配置、及び基板裏面の n 側電極の配置を示す平面図である。図 4 (a) 及び (b) は、それぞれ、本実施形態例の窒化物系半導体レーザ素子の GaN 基板の高密度欠陥領域の配置を示す平面図及び断面図である。

【0027】本実施形態例の窒化物系半導体レーザ素子 10 が形成される GaN 基板 76 は、図 4 (a) 及び (b) に示すように、結晶欠陥密度が周囲の領域より高い、いわゆる高密度欠陥領域 78 が GaN 基板 76 を貫通して、かつ、平面的には基板面上で周期的な六方格子状配列で存在しているという特質を有している。本実施形態例の窒化物系半導体レーザ素子 10 の GaN 基板 12 は、GaN 基板 76 上で、図 8 (a) に示すような配置で区画されている。図 8 (a) 中、90 は窒化物系半導体レーザ素子 10 のレーザストライプを示している。本実施形態例の窒化物系半導体レーザ素子 10 は、図 1 に示すように、n 型 GaN 基板 12 上に、n 型 AlGa

【0028】p 型クラッド層 22 の上層部及び p 型コンタクト層 24 は、一方向にリッジストライプ状に延びるリッジストライプ部 26 として形成されている。リッジストライプ部 26 の両脇、つまり p 型クラッド層 22 の上層部及び p 型コンタクト層 24 の両側、並びに p 型クラッド層 22 上は、SiO₂ 又は SiN_x からなる絶縁膜 28 で被覆されている。

【0029】n 型 GaN 基板 12 は、図 4 に示す GaN 基板 76 と同様に、結晶欠陥密度が周囲の領域より高い、いわゆる高密度欠陥領域 12a が n 型 GaN 基板 1

2 を貫通して、かつ、平面的には基板面上で周期的な配列で存在しているという特質を有している。本実施形態例の n 型 GaN 基板 12 では、高密度欠陥領域 12a は正三角形の千鳥格子状配置で円柱状に生成している (図 2 参照)。n 型 GaN 基板 12 の高密度欠陥領域 12a の結晶欠陥は、図 1 に示すように、n 型 AlGa

【0030】p 型コンタクト層 24 上には、絶縁膜 28 の開口部 28a を介して Ni/Au 電極のような多層金属膜の p 側電極 32 がオーミック接合電極として設けられている。また、GaN 基板の導電性を利用して、n 型 GaN 基板 12 の裏面には、Ti/Al 電極のような多層金属膜の n 側電極 34 がオーミック接合電極として設けられている。p 側電極 32 は、図 2 (a) に示すように、高密度欠陥領域 30 と高密度欠陥領域 30 との間をリッジストライプ部 26 に沿って延在している。また、n 側電極 34 は、図 2 (b) に示すように、n 型 GaN 基板 12 の裏面上にほぼ全面に設けられた電極層から n 型 GaN 基板 12 の高密度欠陥領域 12a と接触しないように一部を切り欠いてなる電極層として形成されている。

【0031】実施形態例 2

本実施形態例は、第 2 の発明に係る窒化物系化合物半導体発光素子を窒化物系半導体レーザ素子に適用した実施形態の一例であって、図 3 は窒化物系半導体レーザ素子の断面図である。本実施形態例の窒化物系半導体レーザ素子 40 は、図 3 に示すように、p 側電極 42 が、p 型コンタクト層 24 上に延在し、更に絶縁膜 28 を介して高密度欠陥領域 30 上まで延在していること、及び n 側電極 44 が n 型 GaN 基板 12 の高密度欠陥領域 12a 間の低密度欠陥領域上に設けられていることを除いて、実施形態例 1 の窒化物系半導体レーザ素子 10 と同じ構成を備えている。

【0032】実施形態例 1 及び 2 では、p 側電極及び n 側電極が、低密度欠陥領域上に形成されているので、高密度欠陥領域を介して流れるリーク電流を大幅に低減させることができる。

【0033】上述の実施形態例では、GaN 基板として、高密度欠陥領域が正方形格子状に配列されている GaN 基板 76 を用いているが、これに限らず、例えば図 8 (b) に示すように、高密度欠陥領域が正方形格子状に配置されている GaN 基板 92、また、図 8 (c) に示すように、高密度欠陥領域が長方形格子状に配置されている GaN 基板 94 を用いることができる。更には、図 9 (a) 及び (b) に示すように、高密度欠陥領域が

線状に配置されているGa_{0.5}N基板96、98を用いることができる。図8及び図9は高密度欠陥領域とレーザストライプとの位置関係を示している。尚、図8及び図9中、90はレーザストライプである。

【0034】

【発明の効果】第1の発明では、p側電極及びn側電極が、低密度欠陥領域上に形成されているので、高密度欠陥領域を介して流れるリーク電流を大幅に低減させることができる。また、第2の発明では、p側電極は高密度欠陥領域上にも延在しているものの、絶縁膜によって高密度欠陥領域から絶縁されているので、低密度欠陥領域上にのみ形成されている第1の発明と同様にp側電極から高密度欠陥領域に流れるリーク電流を発生させない。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例1の窒化物系半導体レーザ素子の断面図である。

【図2】図2(a)及び(b)は、それぞれ、積層構造上のp側電極の配置、及び基板裏面のn側電極の配置を示す平面図である。

【図3】実施形態例2の窒化物系半導体レーザ素子の断面図である。

【図4】図4(a)及び(b)は、Ga_{0.5}N基板の高密度欠陥領域の六方格子状配置を示す平面図、及び断面図である。

【図5】Ga_{0.5}N基板上の積層構造への結晶欠陥の伝搬を説明する断面図である。

【図6】図6(a)及び(b)は、それぞれ、高密度欠陥領域の正方形格子状の配列、及び長方形格子状の配列*

*を示す図である。

【図7】図7(a)及び(b)は、それぞれ、点状の高密度欠陥領域が断続して線状に配置された配列、高密度欠陥領域が線状に連続して配列を示す図である。

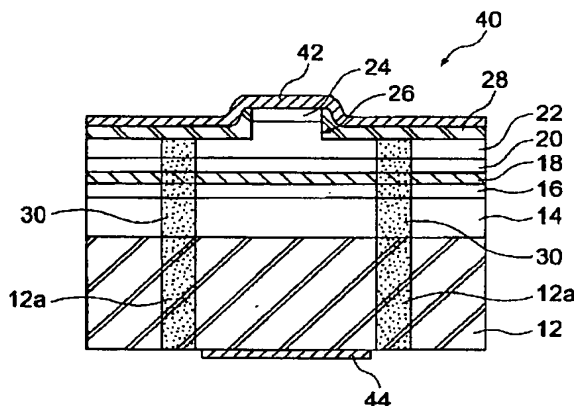
【図8】図8(a)から(c)は、それぞれ、高密度欠陥領域が、六方格子状配置、正方形格子状配置、及び長方形格子状配置のGa_{0.5}N基板でのGa_{0.5}N系半導体レーザ素子の区画を示す図である。

【図9】図9(a)及び(b)は、それぞれ、高密度欠陥領域が線状に配置されているGa_{0.5}N基板でのGa_{0.5}N系半導体レーザ素子の区画を示す図である。

【符号の説明】

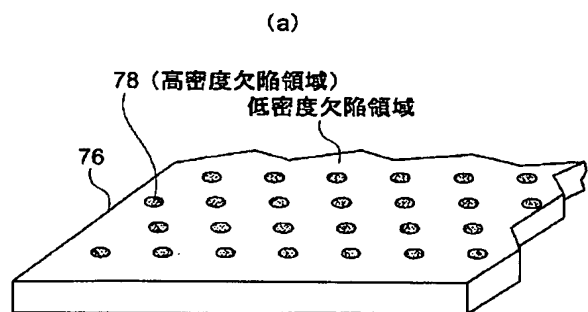
10……実施形態例1の窒化物系半導体レーザ素子、12……n型Ga_{0.5}N基板、12a……高密度欠陥領域、14……n型AlGa_{0.5}Nクラッド層、16……n型Ga_{0.5}N第1光ガイド層、18……InGa_{0.5}N活性層、20……p型InGa_{0.5}N第2光ガイド層、22……p型AlGa_{0.5}Nクラッド層、24……p型Ga_{0.5}Nコンタクト層、28……絶縁膜、30……高密度欠陥領域、32……p側電極、34……n側電極、40……実施形態例2の窒化物系半導体レーザ素子、42……p側電極、44……n側電極、76……Ga_{0.5}N基板、78……高密度欠陥領域、80……積層構造、82……高密度欠陥領域、90……レーザストライプ、92……高密度欠陥領域が長方形格子状に配置されているGa_{0.5}N基板、94……高密度欠陥領域が六方格子状に配置されているGa_{0.5}N基板、96、98……高密度欠陥領域が線状に配置されているGa_{0.5}N基板。

【図3】

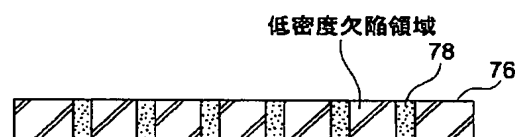


40 実施形態例2の窒化物系半導体レーザ素子
42 p側電極
44 n側電極

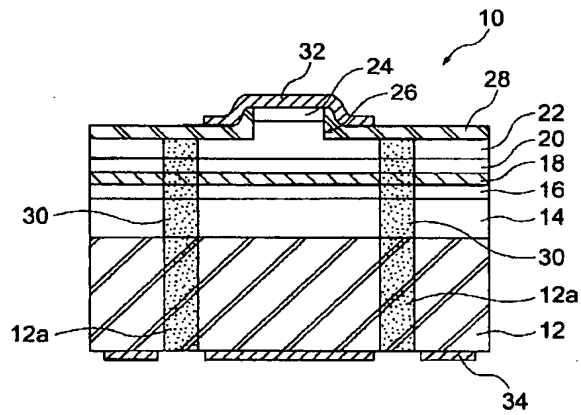
【図4】



(b)

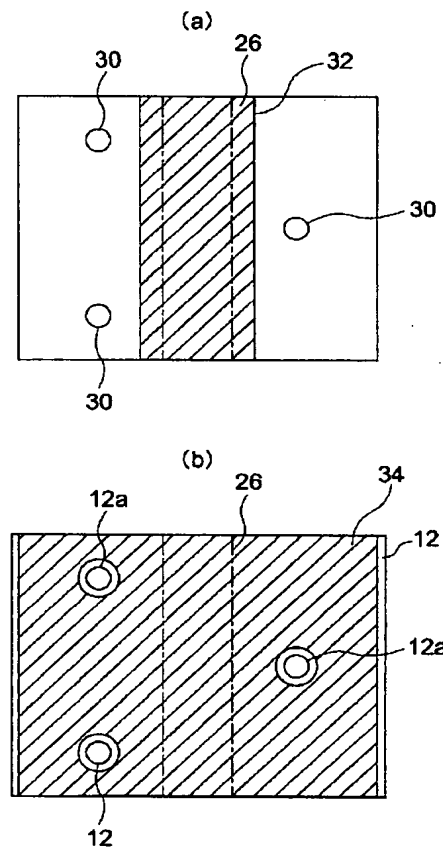


【図1】

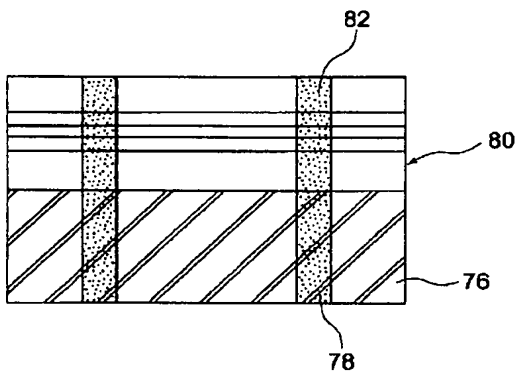


- 10 実施形態例1の窒化物系半導体レーザ素子
 12 基板のn型GaN基板
 12a 高密度欠陥領域
 14 n型AlGaNクラッド層
 16 n型GaN第1光ガイド層
 18 InGaN活性層
 20 p型InGaN第2光ガイド層
 22 p型AlGaNクラッド層
 24 p型GaNコンタクト層
 26 リッジストライプ部
 28 絶縁膜
 30 高密度欠陥領域
 32 p側電極
 34 n側電極

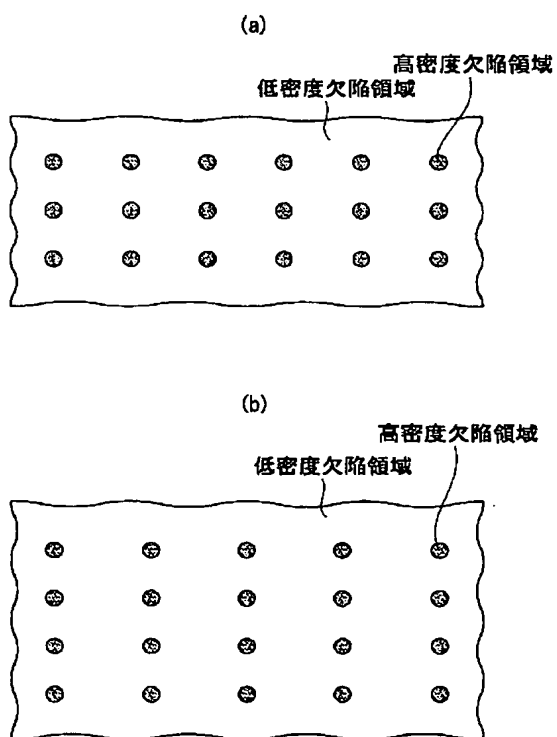
【図2】



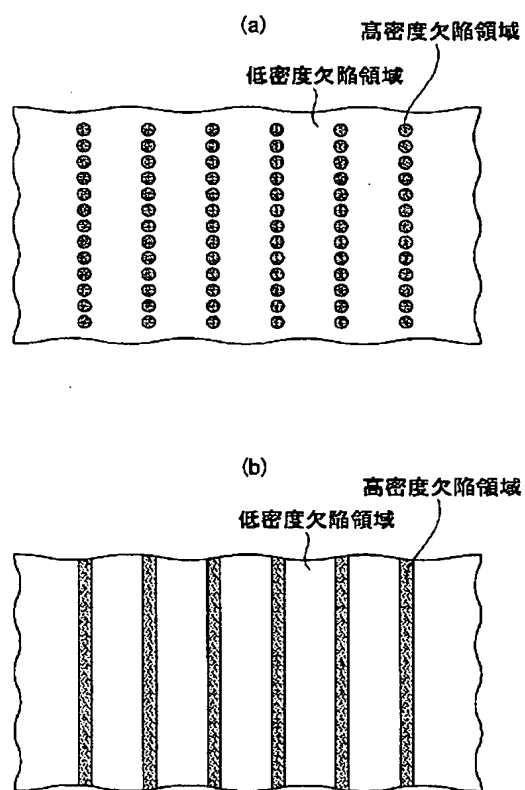
【図5】



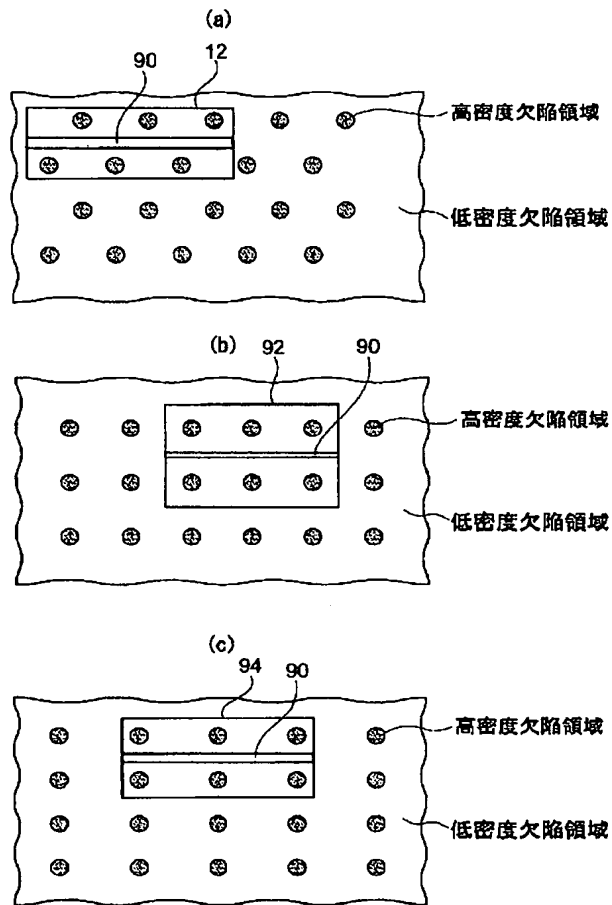
【図6】



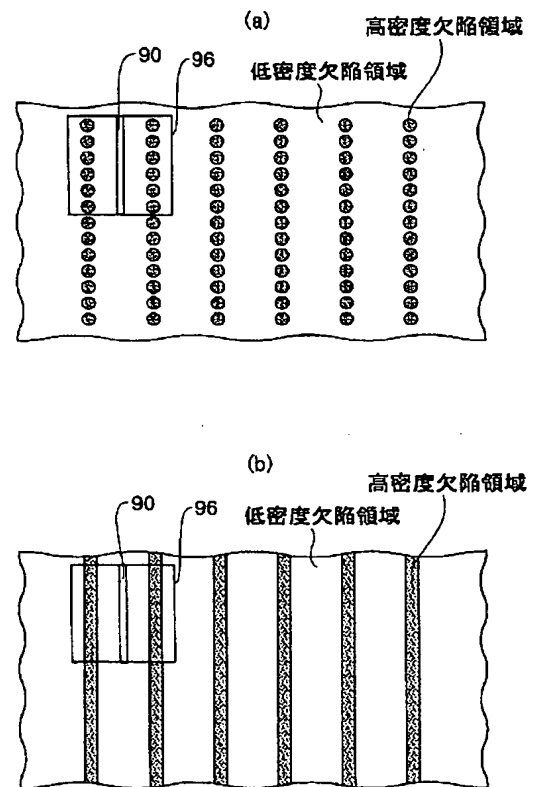
【図7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72) 発明者 元木 健作
大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 33 号
住友電気工業株式会社内

F ターム(参考) 5F041 AA21 CA04 CA34 CA40 CA65
CA83 CA92 CA93 CA98
5F073 AA13 AA45 AA61 CA07 CB02
CB22 DA05 DA30 DA35 EA29

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成17年8月18日(2005. 8. 18)

【公開番号】特開2003-229638(P2003-229638A)

【公開日】平成15年8月15日(2003. 8. 15)

【出願番号】特願2002-27981(P2002-27981)

【国際特許分類第7版】

H O 1 S 5/042

H O 1 L 33/00

H O 1 S 5/22

H O 1 S 5/323

【F I】

H O 1 S 5/042 6 1 2

H O 1 L 33/00 C

H O 1 L 33/00 E

H O 1 S 5/22

H O 1 S 5/323 6 1 0

【手続補正書】

【提出日】平成17年2月3日(2005. 2. 3)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体結晶基板上に、窒化物系化合物半導体の積層構造を備える窒化物系化合物半導体発光素子であって、

前記半導体結晶基板は低密度欠陥領域と当該低密度欠陥領域内に前記半導体結晶基板面に周期的に配列された高密度欠陥領域とからなり、

前記高密度欠陥領域は前記半導体結晶基板を貫通し、

前記積層構造及び前記半導体結晶基板を挟む1対の電極が形成され、当該1対の電極の一方の電極は前記半導体結晶基板の裏面の前記低密度欠陥領域上に設けられ、他方の電極は前記半導体結晶基板の前記低密度欠陥領域上の前記積層構造上に設けられ、

前記1対の電極で挟まれた前記積層構造内に活性領域が形成されていることを特徴とする窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項2】

前記一方の電極は、前記半導体結晶基板上にほぼ全面に設けられた電極層から前記高密度欠陥領域と接触しないように一部を切り欠いてなる電極層として形成されていることを特徴とする請求項1に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項3】

前記高密度欠陥領域が、前記半導体結晶基板の基板面上で正方形格子状、長方形格子状、及び六方格子状のいずれかの配置で点在していることを特徴とする請求項1に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項4】

前記高密度欠陥領域が、前記半導体結晶基板の基板面上で相互に離隔して平行に、かつ周期的に配置された線状の高密度欠陥領域であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 5】

前記線状の高密度欠陥領域は、点状の前記高密度欠陥領域が相互に接して、又は断続して線状に配置されてなる高密度欠陥領域であることを特徴とする請求項 4 に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 6】

前記線状の高密度欠陥領域は、前記高密度欠陥領域が連続して線状に延在してなる高密度欠陥領域であることを特徴とする請求項 4 に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 7】

前記半導体結晶基板は G a N 基板であることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 8】

半導体結晶基板上に、窒化物系化合物半導体の積層構造を備える窒化物系化合物半導体発光素子であって、

前記半導体結晶基板は低密度欠陥領域と当該低密度欠陥領域内に前記半導体結晶基板内に周期的に配列された高密度欠陥領域とからなり、

前記高密度欠陥領域は前記半導体結晶基板を貫通し、

前記半導体結晶基板の前記低密度欠陥領域上の積層構造は、上部がリッジストライプとして形成され、かつ当該リッジストライプの両脇が絶縁膜で被覆されており、

前記積層構造及び前記半導体結晶基板を挟む 1 対の電極が形成され、当該 1 対の電極の一方の電極は前記半導体結晶基板の裏面の前記低密度欠陥領域上に設けられ、他方の電極は前記リッジストライプ上に延在し、更に前記リッジストライプ脇の前記絶縁膜を介して前記高密度欠陥領域上の前記積層構造上に延在していることを特徴とする窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 9】

前記高密度欠陥領域が、前記半導体結晶基板の基板面上で正方形格子状、長方形格子状、及び六方格子状のいずれかの配置で点在していることを特徴とする請求項 8 に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 10】

前記高密度欠陥領域が、前記半導体結晶基板の基板面上で相互に離隔して平行に、かつ周期的に配置された線状の高密度欠陥領域であることを特徴とする請求項 8 に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 11】

前記線状の高密度欠陥領域は、点状の高密度欠陥領域が相互に接して、又は断続して線状に配置されてなる高密度欠陥領域であることを特徴とする請求項 10 に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 12】

前記線状の高密度欠陥領域は、高密度欠陥領域が連続して線状に延在してなる高密度欠陥領域であることを特徴とする請求項 10 に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 13】

前記半導体結晶基板は G a N 基板であることを特徴とする請求項 8 に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。